



EVALUATION DU CONSEIL EN FERTILISATION DE LA CANNE A SUCRE

BILAN DE 5 ANNEES DE TESTS EN MILIEU PAYSAN

D. Pouzet et PF Chabaliér

avec la collaboration de A. Philoté, M. Jeanette et R. De Larichaudy

Saint Denis, Janvier 1999

TABLE DES MATIERES

RESUME	3
INTRODUCTION	4
METHODOLOGIE	4
INTRODUCTION	4
DISPOSITIF	4
SCHEMA	4
TRAITEMENTS	4
MESURES	5
RESULTATS	5
ECHANTILLONNAGE	5
LES TRAITEMENTS	6
LES RESULTATS	7
LE RENDEMENT	7
LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE	10
DISCUSSIONS	10
ANNEXES	12
1. RENDEMENT ANNUEL EN TONNE PAR HECTARE DE CANNE COUPEES EN VERT	13
2. RESULTAT DES DIAGNOSTICS FOLIAIRES REALISES ENTRE 5 ET 7MOIS	14
3. EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA TENEUR MINERALE DES FEUILLES	15
4. CARACTERISTIQUES CHIMIQUES MOYENNE DES PARCELLES DE TEST	15

RESUME

La fumure de la canne à sucre telle que l'agriculteur la pratique a été comparée pendant 5 ans (1992 à 1996) à la fumure conseillée par la recherche. Le dispositif expérimental, implanté dans des parcelles d'exploitations couvrait un large éventail de conditions pédoclimatiques. La fumure conseillée est calculée par le système expert du laboratoire d'analyse des sols du CIRAD Réunion, à partir d'un diagnostic de fertilité reposant sur l'analyse de sol et le rendement prévisionnel de la canne.

La fumure conseillée marque sa supériorité par une amélioration progressive du rendement. Ces résultats sont représentatif d'un large éventail de conditions de sol, de climat et de technicité agricole. Ils indiquent clairement que le suivi rigoureux des conseils en fertilisation produit par le système expert du laboratoire d'analyse du CIRAD est garant d'un maintien du potentiel de fertilité du sol. Il montre aussi que l'application répétée d'une fumure inadaptée même conséquente peut conduire à un épuisement progressif du sol, quantifiable dès la troisième année de culture.

Il ressort de cette étude que (1) la potentialité du sol dépend plus de l'historique de sa gestion par l'agriculteur que de ses caractéristiques morphopédologiques d'origine, que (2) le diagnostic de fertilité par analyse du sol permet des conseils en fertilisation plus sensibles que le diagnostic foliaire, que (3) l'analyse de sol avant chaque replantation est indispensable pour adapter la fumure à l'évolution de fertilité consécutive aux sept années de culture séparant deux replantations et que (4) le suivi scrupuleux de la fumure conseillée est le meilleur garant du maintien du potentiel de fertilité du sol.

Les résultats montrent aussi que 4 à 7 ans d'étude (un demi à un cycle séparant deux plantations) sont nécessaires pour que les résultats agronomiques comme économiques soient en conformité avec la production de la culture et les équilibres plante sol. La canne à sucre doit être considérée comme une plante pérenne.

INTRODUCTION

Le CIRAD a conçu et mis en place des tests, dans le cadre d'une action " d'optimisation de la fumure de la canne à sucre basée sur les diagnostics nutritionnels ". Ces tests qui ont débutés en 1992 répondent à une demande du Service d'Utilité Agricole de Développement de la Chambre d'Agriculture de la Réunion. La problématique était de vérifier si la fumure conseillée par la recherche, sur la base d'expérimentation en milieu contrôlée était réellement préférable à la fumure usuelle de l'exploitant cannier. Le protocole a donc été établi pour contrôler au mieux les principales sources d'écart potentiel entre ces deux formulations, notamment :

- la mauvaise connaissance des techniques effectivement appliquées par l'agriculteur (date d'apport, modalités, type d'engrais...),
- la connaissance parcellaire souvent insuffisance des surface et de la production (dose d'apport et rendement), et
- les fortes hétérogénéité de terrain à l'échelle de la parcelle.

Le SUAD a identifié les agriculteurs chez lesquels les tests ont été implantés. Ceux-ci font partie pour la plupart du réseau canne référence du SUAD. Ils font donc l'objet d'un suivi technique continu des techniciens de la chambre. Disposant ainsi d'un encadrement lourd, ils sont censés être au fait des meilleurs techniques agricoles et peuvent être considérés comme des tenants de l'intensification notamment en matière de fertilisation.

Le CIRAD a élaboré les protocoles en accord avec le SUAD et a pris en charge la mise en place des traitements, la coupe de la canne, sa pesée et l'interprétation des résultats.

L'action s'est déroulée sur une période de 5 ans (1992 à 1996). Des compte rendus annuels ont été rédigés. Le présent rapport a pour objet de rendre compte de l'analyse globale des résultats.

METHODOLOGIE

Introduction

La réponse à la problématique soulevée impose un dispositif : (1) implanté sur des parcelles d'exploitation cannières et (2) couvrant une large gamme de sol, de conditions climatiques et de technicité agricole.

Dispositif

Schéma

Les tests sont implantés sur des parcelles de cannes vierges dans des zones d'apparence homogène. L'intervention de la recherche est limitée à la fertilisation. Le reste de la conduite de la culture est laissé à l'initiative de l'agriculteur. Les décisions en matière notamment de désherbage dépendent donc entièrement de lui mais sont homogènes au niveau de chaque test.

Chaque test est constitué de 6 parcelles contiguës de 5 lignes de canne d'une longueur de 10 m. L'ensemble est piquetées de manière durable et facilement repérable. Les parcelles correspondent à deux traitements randomisés répétés trois fois.

Traitements

En première année (canne vierge), les 6 parcelles expérimentales sont fertilisées de manière homogène selon la procédure habituelle de l'agriculteur (engrais doses et date). L'essai à blanc ainsi constitué est destiné à évaluer le site expérimental de chaque test. Il permet de corriger les résultats ultérieurs d'une hétérogénéité éventuelle, susceptible de masquer l'effet des traitements. La mise en place des fumures intervient à partir de la seconde année (première repousse), sur une base annuelle. Deux traitements sont appliqués :

- le traitement " Fumure Traditionnelle " (FT), qui correspond à la pratique habituelle de l'agriculteur, et
- le traitement " Fumure Conseillée " (FC), qui est déterminée à partir d'un diagnostic de fertilité prenant en compte le type de sol, ses caractéristiques chimiques et la production prévisionnelle de la culture.

La détermination de la fumure conseillée est faite automatiquement par le système expert du laboratoire d'analyse des sols du CIRAD¹. Les deux traitements FT et FC sont appliqués par la recherche, sans intervention de l'agriculteur.

Les deux traitements ne sont pas liés, l'un provenant de décisions de l'agriculteur (FT) et l'autre d'une évaluation rationnelle basée sur l'analyse (FC). La fumure FT peut donc être plus importante que la fumure FC. Ces deux fumures sont en outre différentes d'un agriculteur à l'autre.

Les traitements sont déterminés en début d'expérimentation à partir d'analyses de sol et de discussions avec les agriculteurs. Ils sont ensuite appliqués annuellement à l'identique. Ceci revient à considérer que les décisions de l'agriculteur comme les conseils sont reproductibles dans le temps. Cette hypothèse est vérifiée dans le cas de la formule conseillée, puisqu'elle est élaborée au moment de la plantation (analyse de sol) pour un cycle de culture (en moyenne 7 ans). Elle n'est pas toujours vérifiée pour l'agriculteur qui peut modifier sa fumure d'une année sur l'autre en fonction de ses propres indicateurs, de problèmes de gestion ou de problèmes d'approvisionnement.

Dans le cas de sol fortement acide, le chaulage préconisé est appliqué une seule fois en début de culture. Le cas de sols fortement carencés, nécessitant une fertilisation phosphatée à la plantation n'a pas été rencontré dans cette expérimentation.

Mesures

Des diagnostics de fertilité par prélèvements foliaires ont été effectués annuellement en cours de culture entre 5 et 7 mois après la coupe selon la technique mise au point à La Réunion² (tiers médian des feuilles 3-4-5 avec la nervure conservée).

Les traitements sont pesés à la récolte à l'aide d'une remorque munie d'un dispositif de pesée précis à 0.5 kg. La partie pesée est limitée aux trois lignes centrales de chaque parcelle, après élimination des deux lignes de bordure. La surface utile est donc d'environ 45 m² pour une distance interligne moyenne de 1.5 m.

Les tests ont aussi fait l'objet de mesures biométriques destinées à élaborer une méthode de prévision précoce de la production. Il s'agissait d'étudier les relations, dans des conditions de culture variées, entre le rendement et un indice volumique du couvert (produit de la hauteur des cannes par le carré de leur diamètre multiplié par le nombre de cannes). Les résultats de cette étude ont fait l'objet d'une publication³.

RESULTATS

Echantillonnage

Onze des 14 agriculteurs qui ont participé aux tests ont au moins une récolte contrôlée et pesée en plus du blanc (tableau 1).

Tableau 1 : Principales caractéristiques du dispositif expérimental.

Code	Technicien SUAD	Lieu	Variété	Irrigation	Altitude m	92		93		94		95		96	
						R	DF	R	DF	R	DF	R	DF	R	DF
Taris	Manouvel	St Gilles Ht	R570	non	350	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
Laurt	Bordenave	Bois de Nèfle	R577	non	575	+	0	+	+	0	+	0	0	0	0
Marg	Sanassy	Riv. St Louis	R570	oui	150	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+
Debs	Rivière	Stella	R570	non	650	+	+	+	0	+	+	0	+	+	+
Font	Lalou	Les Lianes	R570	non	400	+	+	+	0	0	+	0	0	0	0
Mezi	Vienne	Petite Ile	R570	non	400	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0
Taill	Goux	Mont Repos	R573 R575	non	80	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+
Boyr	Huat	Ravine Creuse	R570	non	20	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
Cadt	Tang Siom L	St Anne		oui		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Agth	Payet	Etang Salé	R570	non		0	0	+	+	+	+	+	+	0	0
Edmd	Rivière	St Rose	R570	non	190	0	0	+	+	+	+	+	+	0	0

R = Récolte, DF = Diagnostic Foliaire, + = résultat collecté, 0 = pas de résultat

¹ D. Pouzet, P.F. Chabalière, P. Légier. Diagnostic de fertilité des sols et conseil en fertilisation des principales cultures réunionnaises. Agriculture et développement N° 16, décembre 1997. P 18-37.

² P.F. Chabalière, 1988. Note technique CIRAD Réunion.

³ J.P. Gay, P.-F. Chabalière, G. Walter, J.L. Poulet. 1997. Hétérogénéité, échantillonnage et estimation du poids de cannes dans une parcelle. 4^{ème} Congrès International ARTAS AFCAS, St Denis de La Réunion, 12-28 octobre 1997, p. 335-352.

Le nombre de récoltes annuelles collectées varie d'une année sur l'autre. Ces fluctuations ont pour origine :

- des défections d'agriculteurs au cours du temps,
- l'introduction de nouveaux agriculteurs lorsque cela est possible pour compenser ces défections,
- la récolte prématurée de parcelles par des agriculteurs qui ont oublié de prévenir les techniciens,
- la fertilisation erronée de la zone des tests par les agriculteurs lors de la fertilisation de leur parcelle,
- des accidents divers comme des incendies de parcelle ou des attaques de vers blancs.

Certains tests ont été abandonnés tandis que de nouveaux étaient mis en place. L'analyse statistique finale des résultats (diagnostic foliaire et rendement) porte donc sur des tableaux incomplets.

Les tests conservés couvrent la plupart des situations dans lesquelles on rencontre de la canne à la Réunion. Sont ainsi représentés :

- Cinq des six unités de sol de l'île (seul manque le sol vertique, mais sa présence est anecdotique à la Réunion et ne concerne guère pour la canne que la zone de Savannah),
- Les trois grandes situations agricoles cannières que sont la zone pluviale humide (côte est), la zone pluviale sèche (côte ouest) et des zones irriguées, et
- Des conditions thermiques variables caractérisées par le gradient altitudinaire.

Les traitements

Les traitements FT et FC ont été appliqués tous les ans de manière synchrone pour faire coïncider les apports ou le premier apport dans le cas de l'azote "conseillée".

Des vérifications systématiques permettent de s'assurer que l'agriculteur ne fertilise pas le dispositif expérimental lorsqu'il applique les engrais sur sa parcelle.

Les calculs de la fertilisation conseillée sont réalisés à partir de la teneur minérale moyenne des sols (annexe 4) déterminée à partir de 6 analyses par test (un prélèvement moyen par parcelle). L'unité de sol et le diagnostic de fertilité qui en découlent sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2 : Description des traitements

Code	Unité de sol	Diagnostic de fertilité	Trai.	Unités/ha (1)			Chaux t/ha (2)	Divers
				N	P205	K2O		
Taris	Brun	Acide, déficient en P et riche en K	FC	120	150	0	2	2*60 N + TSP
			FT	113	90	150	0	750 kg/ha 15 12 24
Laurt	Brun andique	Acide, légère carence P K hétérogène	FC	113	90	150	2	750 kg/ha 15 12 24
			FT	113	90	150	0	750 kg/ha 15 12 24
Marg	Brun +/- ferrallitisé	Très saturé, pH élevé très hétérogène	FC	180	70	200	0	2*90 N, TSP, KCl
			FT	150	120	240	0	1 t/ha 15 12 24
Debs	Brun andique	Très riche en P assez riche en K	FC	120	70	0	0	2*60 N + TSP
			FT	120	96	192	0	800 kg/ha 15 12 24
Font	Andosol	sol carencé en K, DF non carencé	FC	150	120	100	0	2*75 N
			FT	150	120	240	0	1 t/ha 15 12 24
Mezi	Andosol	Acide mais peu désaturé riche en K, carencé Mg	FC	150	120	100	2	2*75 N, TSP, KCl
			FT	120	96	192	0	800 kg/ha 15 12 24
Taill	Brun ferrallitisé	Légère déficience en P	FC	150	150	200	0	2*75 N, TSP, KCl
			FT	120	96	192	0	800 kg/ha 15 12 24
Boyr	Alluvions à galets	Peu désaturé et acide très riche P, homogène	FC	160	50	100	0	2*80 N
			FT	150	120	240	0	1 t/ha 15 12 24
Cadl	Andosol	Acide, déficient en P et K, hétérogène	FC	160	150	250	0	2*80 N
			FT	162	63	270	0	900 kg/ha 18 7 30
Agth	Ferrallitique	Légère déficience en P	FC	150	500	400	0	2*75 N
			FT	153	60	255	0	850 kg/ha 18 7 30
Edmd	Andosol perhydraté	Déficience en P assez riche en K	FC	160	150	250	0	2*80 N
			FT	162	63	270	0	900 kg/ha 18 7 30

1. Fertilisation annuelle. 2. Chaux vive calco-magnésienne (59 CaO - 39 MgO) appliquée une seule fois la première année.

La comparaison des deux traitements montre que l'exploitant, lorsqu'il établit sa formulation minérale, ne prend pas en compte les caractéristiques de son sol et donc :

- le redressement de la fertilité lorsque celle-ci est déficiente (renforcement de la fumure phosphatée et chaulage), et
- la richesse minérale lorsque celle-ci permet des économies d'engrais (cas notamment du potassium et du phosphore).

Il en résulte une tendance à l'uniformisation de la fumure pratiquée malgré d'importantes variations de potentialités minérales que traduisent la fumure conseillée.

Les Résultats

Nous ne reprenons pas dans ce rapport l'analyse annuelle des résultats. Ceux-ci ont fait l'objet d'interprétations systématiques et de rapports. L'objectif est de faire un bilan de l'ensemble de l'expérimentation. Nous avons recherché à évaluer l'influence du traitement sur le rendement en fonction du site, de l'année et de l'interaction de ces deux paramètres.

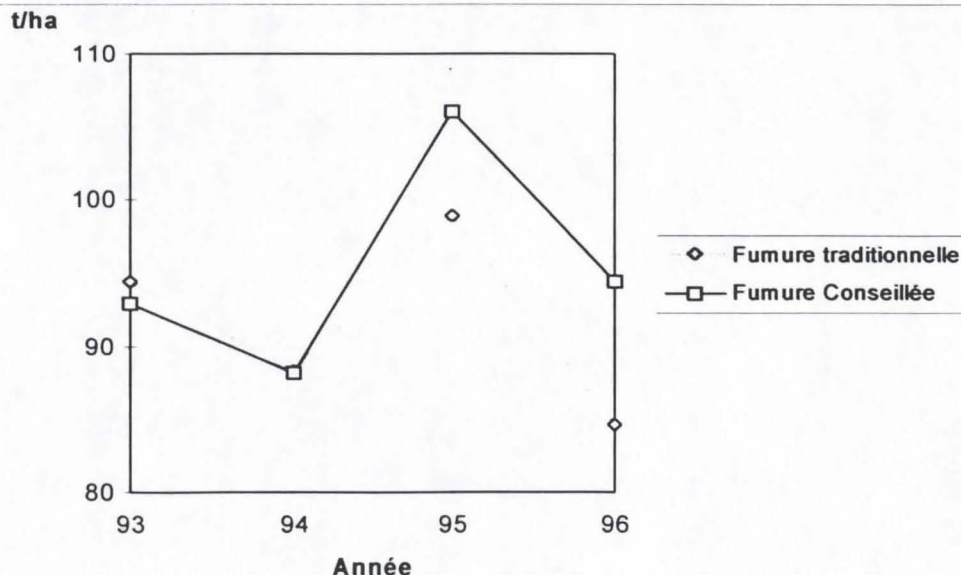
Les calculs statistiques ont été conduits avec l'appui de Philippe Letourmy, statisticien du CIRAD Montpellier. Ils mettent en jeu les procédures du logiciel SAS.

Le rendement

Les rendements annuels moyens (figure 1) sont détaillés par répétition et par traitement en annexe 1.

L'étude statistique montre que la probabilité d'un lien entre le rendement d'un blanc et ceux ultérieurs du traitement de la même parcelle est très faible. Ceci permet d'admettre avec une grande marge de sécurité l'hypothèse de l'absence de biais dans les parcelles des tests lors de la mise en place de l'expérimentation. Le rendement des traitements est donc indépendant de leurs situations géographiques dans le test. Ceci valide l'utilisation du dispositif pour comparer les traitements.

Figure 1 : Rendement moyen de l'ensemble des tests par traitement et par année.



L'analyse statistique de l'effet annuel des traitements sur le rendement (tableau 3)) met en évidence :

- une absence d'interaction entre traitement et agriculteur, qui nous permet l'analyse de l'effet traitement ;
- une faible variabilité des résultats (entre 9 et 13 % selon les années) qui conduit à écarter l'hypothèse d'existence de facteurs limitants qui viendraient masquer l'effet des traitements.

- l'absence de différence significative entre les traitements les deux premières années,
- un effet traitement qui augmente au fil des récoltes, devient significatif la troisième année et hautement significatif la dernière.

En conséquence (figure 2) la fumure conseillée, qui s'appuie sur un diagnostic de fertilité du sol, est plus performante dans le temps que la fumure traditionnelle. Ces résultats s'appliquent à un large panel de conditions de sol, de pluviométrie, de température moyenne et de technicité de l'agriculteur.

Figure 2 : Rendement annuel moyen du traitement conseillé en % du traitement traditionnel

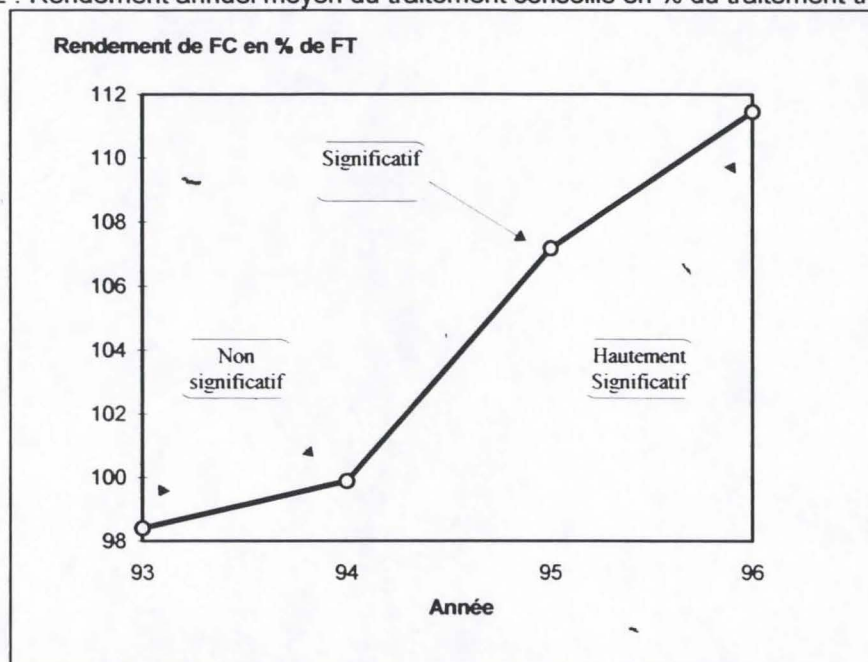


Tableau 3 : Effet annuel des traitements sur le rendement.

Paramètres statistiques	Année de récolte			
	93	94	95	96
Nombre d'observation	48*	48	36	30
Coefficient de variation (%)	10.8	12.6	8.9	9.4
Rendement FT moyen (t/ha)	94.4	88.3	98.9	84.7
Rendement FC moyen (t/ha)	92.9	88.2	106.0	94.4
Effet du traitement	NS	NS	S	HS
Interaction agriculteur * traitement	NS	NS	NS	NS

*47 observations utiles (donnée manquante). NS = Non Significatif. S = Significatif (5%). HS = Hautement significatif (1%).

Nous avons regroupés les tests selon le type de différence entre les fumures conseillées et traditionnelles (Tableau 4), afin de préciser les résultats précédents. Trois groupes de tests ont été constitués :

- Le groupe des sols acides pour lesquels un chaulage est conseillé. Il intéresse les trois tests dont les codes agriculteurs sont Taris Laurt et Mezi ,
- Le groupe des sols suffisamment riche pour permettre une économie d'engrais phosphaté ou potassique (Marg, Debs, Font, Boyr), et
- Le groupe des sols dont la déficience minérale est associée à des conseils renforcés en fumure potassique ou phosphatée (Taill, Cadet, Agth, Edmd).

Nous n'avons pas identifié, dans le cadre de ce dispositif, la présence de sols dont le niveau de matière organique conduise à un conseil de fertilisation azotée différent de la fumure traditionnelle.

L'intérêt de l'analyse statistique par groupe est limité par le nombre réduit d'observations. Le dispositif n'était pas, en effet, implanté pour ce type d'analyse. Il apparaît cependant que (Figure 3):

- Le groupe des sols acides est insuffisamment renseigné pour mettre en évidence un effet des traitements,

- Le groupe des sols déficients présente une tendance en faveur de la fertilisation renforcée en troisième année, qui se transforme en effet hautement significatif en dernière année,
- Le groupe des sols excédentaires développe un effet quasi significatif en année 3 suivi d'un effet significatif l'année suivante.

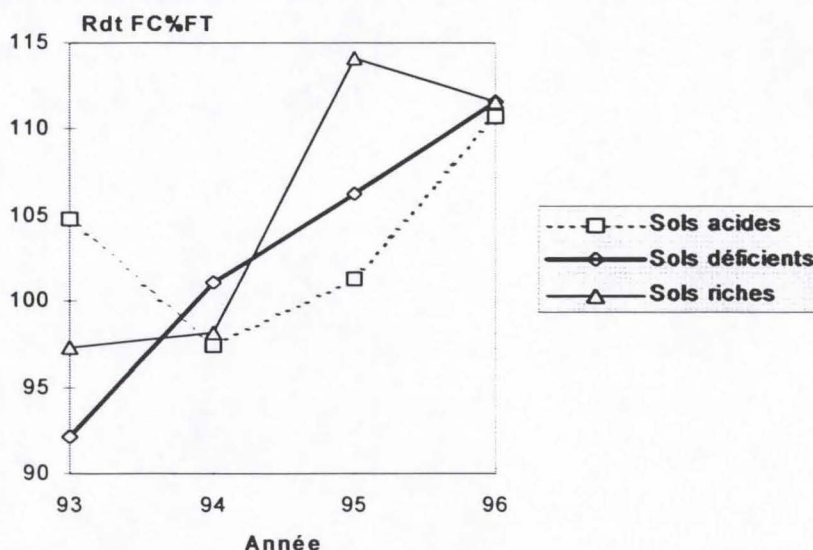
Tableau 4 : Effet annuel des traitements par groupe de diagnostic sur le rendement.

Groupe de sol	Paramètres statistiques	Année de récolte			
		93	94	95	96
Sols acides conseil en chaulage	Nombre d'observation	18	6	6	6
	Coefficient de variation (%)	11.2	12.5	16.1	7.4
	Rendement FT moyen (t/ha)	89.7	65.6	47.8	78.4
	Rendement FC moyen (t/ha)	94.0	63.9	48.4	86.8
	Effet du traitement	NS	NS	NS	NS
	Interaction agriculteur * traitement	NS	-	-	-
Sols déficient en P ou en K. fertilisation renforcée	Nombre d'observation	12	24	24	12
	Coefficient de variation (%)	11.2	12.1	8.6	5.5
	Rendement FT moyen (t/ha)	116.0	108.0	113.5	99.9
	Rendement FC moyen (t/ha)	106.9	109.2	120.6	111.5
	Effet du traitement	NS	NS	NS	HS
	Interaction agriculteur * traitement	NS	NS	NS	HS
Sols excédent en P ou en K économie d'engrais	Nombre d'observation	18	18	6	12
	Coefficient de variation (%)	9.5	12.7	6.2	14.7
	Rendement FT moyen (t/ha)	84.8	69.5	91.6	72.6
	Rendement FC moyen (t/ha)	82.5	68.2	104.5	81.0
	Effet du traitement	NS	NS	~S*	S
	Interaction agriculteur * traitement	NS	NS	-	S

~S* = presque significatif (seuil 5.9%)

Ce dernier cas est remarquable, car il tendrait à démontrer qu'un excès minéral (fumure traditionnelle), outre le gaspillage économique en intrant qu'il représente, peut entraîner à moyen terme une diminution de rendement.

Figure 3 : Rendement annuel moyen par groupe de sol, du traitement conseillé en % du traditionnel.



Il est à noter que contrairement à l'analyse globale, l'analyse par groupe conduit à des interactions significatives entre agriculteurs et traitements. Il est toutefois difficile d'en tirer des conclusions compte tenu du nombre limité d'agriculteur dans chaque situation.

Le Diagnostic Foliaire

Nous ne reprenons pas ici le diagnostic de fertilité qui découle des premières analyses de feuilles et qui confirment le diagnostic fait à partir de l'analyse chimique du sol. Ces résultats (annexe 2) ont fait l'objet de rapport annuels.

Tableau 5 : Teneur minérale moyenne des feuilles en g/kg de matière sèche.

Année	Paramètres	N	P	K	Ca	Mg
93	Teneur FC	1.52	0.169	1.43	0.309	0.218
	Teneur FT	1.48	0.169	1.47	0.295	0.199
	CV%	1.87	2.95	NS	NS	8.61
	Test	NS	NS	5.84	4.91	NS
94	Teneur FC	1.45	0.187	1.78	0.278	0.184
	Teneur FT	1.43	0.185	1.78	0.277	0.188
	CV%	4.81	4.80	8.47	8.00	8.89
	Test	NS	NS	NS	NS	NS
95	Teneur FC	1.59	0.197	1.62	0.342	0.209
	Teneur FT	1.56	0.193	1.55	0.297	0.217
	CV%	5.66	1.71	8.44	11.82	12.56
	Test	NS	NS (8.2%)	NS	NS (6.7%)	NS
96	Teneur FC	1.47	0.178	1.57	0.362	0.196
	Teneur FT	1.50	0.172	1.54	0.366	0.198
	CV%	2.53	2.21	8.08	3.53	9.29
	Test	NS	NS (7.1%)	NS	NS	NS

L'analyse statistique des teneurs minérales des feuilles de canne en fonction des traitements indique (tableau 5) une absence de différence significative entre traitement pour les 5 éléments étudiés les 4 années consécutives (annexe 3). On note cependant à partir de la troisième année une probabilité accrue d'effet significatif (proximité du seuil de 5%) pour le phosphore et le calcium. Ces résultats montrent clairement que les écarts significatifs de rendement observés entre les deux fumures ne sont pas encore décelables par la méthode du diagnostic foliaire. Ce type de diagnostic n'est donc pas suffisamment sensible au niveau d'écart de fertilité atteint après 4 ans de culture.

Les teneurs minérales ont été testées selon les trois groupes précédemment définis pour le rendement. L'analyse statistique des teneurs minérales n'apporte aucune information supplémentaire. L'échantillonnage des sols acides est trop réduit pour l'étude. Les teneurs foliaires des sols riches comme des sols déficients sont quant à elles statistiquement comparables quelque soit l'année et le site.

Discussions

La supériorité constatée de la fumure conseillée sur la fumure traditionnelle dans des conditions de culture très variées et avec des fumures traditionnelles souvent conséquentes, montre l'importance de l'analyse chimique du sol dans le processus d'élaboration du conseil. La fumure traditionnelle du dispositif correspond plus à une mauvaise fertilisation du sol qu'à une fertilisation trop faible. La quantité n'est pas un élément d'appréciation suffisant. La qualité doit lui être nécessairement associée. Il est même remarquable qu'une fertilisation excessive conduise à une diminution progressive du rendement.

Ces résultats ne présument en rien d'un effet économique. On peut en effet supposer que l'accroissement de production ne suffise pas à rémunérer le supplément de capital investi surtout en cas de chaulage. Cependant, la baisse de potentialité du sol mal fertilisé a des conséquences cumulatives et redresser la fertilité d'un sol épuisé est beaucoup plus difficile, quand cela est possible, que de la maintenir. L'épuisement d'un sol se traduit rapidement par des modifications de structure qui engendrent des défauts difficilement maîtrisables (sensibilité à l'érosion, au tassement, modification de la flore adventice...) et que les économistes ne savent pas évaluer.

L'analyse économique des résultats, qui avait été envisagée pour clore cette étude, n'est pas réalisable compte tenu de l'effet différé de trois ans que nous constatons. Les normes économiques de l'adoption d'un conseil correspondent en effet à un terme annuel pour le revenu produit et à un rapport valeur sur coût au moins égal à 2. La fumure conseillée n'est donc économiquement incitative dans notre situation, que si son coût est inférieur à celui de la fumure traditionnelle. C'est le cas des sites où le diagnostic de fertilité indique une économie minérale possible. Dans les autres cas, l'absence d'incitation économique

est désormais compensée par des subventions accordées aux agriculteurs dont le diagnostic de fertilité conduit à des conseils en chaulage et en phosphatage de fond.

Dans tous les cas, l'effet différé de la fertilisation conseillée montre bien que les processus chimiques déclenchés dans le système sol/canne par l'apport d'engrais minéraux, mettent plusieurs années pour s'équilibrer. Ils ne peuvent donc être abordés sur une base annuelle ou bisannuelle. Ils doivent être étudiés sur un minimum de 3 à 4 récoltes, l'idéal étant le pas de temps séparant deux plantations (environ 7 ans). Il est donc nécessaire, tant au plan de la recherche que de l'économie, de considérer la canne comme une plante pérenne et non annuelle.

L'application répétée d'une fumure inadaptée conduit à l'épuisement progressif du sol, quelque soit sa fertilité 'naturelle d'origine'. Ces résultats expliquent que les fumures conseillées sur canne dans une même microzone au climat et au sol homogène ne soient pas uniformes. Pour un même type de sol, la potentialité agricole est rapidement affectée par une fumure déséquilibrée. Elle va donc dépendre beaucoup plus de modalités de gestion agricole que des caractéristiques morphopédologiques de départ. Il n'est donc pas possible de définir une fertilisation agricole à partir du découpage géographique de l'île en microzones. Corollaire de ces résultats, la fumure doit être périodiquement réévaluée par une analyse de sol. La périodicité de ces analyses est fixée par la périodicité des replantations (en moyenne tous les 7 ans). Il s'agit en effet du seul moment pendant lequel une fumure de correction peut être enfouie.

Il est remarquable que le conseil basé sur un diagnostic de fertilité du sol se traduise par une amélioration décelable de la fertilité au bout de 3 ans, alors que cet écart n'est pas décelé par le diagnostic foliaire. Cette constatation implique que l'analyse foliaire, ne permet pas un diagnostic très sensible de l'état de fertilité du sol pour la culture de la canne. Par contre, le diagnostic relevant de l'analyse chimique du sol apparaît comme un guide plus efficace de la fertilisation de la culture.

Il est donc important de procéder à une analyse de sol avant chaque plantation et d'appliquer le conseil en fertilisation qui en découle jusqu'à la plantation suivante. Ce suivi rigoureux des informations produites par le système expert du laboratoire d'analyse du CIRAD apporte des gains de productivités et garanti sur le long terme le maintien du potentiel de production du sol.

ANNEXES

1. Rendement annuel en tonne par hectare de canne coupées en vert

Code	Année	Fertilisation Traditionnelle			Fertilisation Conseillée		
		1	2	3	1	2	3
Taris	92(blanc)	100	82.2	74	88.4	76.2	75.1
	93	81.8	73.3	83.3	89.3	75.8	71.3
	94	69.1	57.6	70	72.7	64.7	54.4
	95	47.3	44.3	51.8	60.2	41.9	43
	96	78.5	74	82.7	95.1	84.9	80.4
Laurt	92(blanc)	87.3	93.8	72.4	73.6	83.1	70.9
	93	58.5	70.9	81.1	68.2	90	x
Marg	92(blanc)	78.9	85.1	102.4	89.8	120.4	88.2
	93	x	x	x	x	x	x
	94	68	74.7	70.7	81.6	91.8	71.3
	95	89.3	92.7	92.9	102	113.8	97.8
	96	93.6	74	82.9	100.2	110.2	86.7
Debs	92(blanc)	79.3	89.3	87.5	75.3	88.2	102.7
	93	71.6	67.3	53.8	50.2	63.8	79.3
	94(*)	50.4	36	23.3	24	24.6	38.2
	95	x	x	x	x	x	x
	96	78.7	50.7	55.8	59.3	58.7	71.1
Font	92(blanc)	140.5	148	134.9	143.6	128.9	146
	93	96.2	98	92.4	96	103.3	93.1
Mezi	92(blanc)	148.2	123.8	124.4	137.8	109.3	125
	93	109.6	127.3	121.3	109.1	116.7	131.8
Taill	92(blanc)	108	96	102.7	112.4	104.9	118.7
	93	129.5	135.6	112.9	127.8	117.3	123.6
	94	137.8	143.6	118	119.3	137.3	162
	95	127.8	124	115	127.3	133.8	136.3
	96	116	107.8	119.1	128.9	130.2	143.8
Boyr	92(blanc)	106.2	101.3	98.7	110.2	104.9	88.4
	93	91.5	100.4	92.4	85.8	81.1	89.6
	94	101.78	105.11	95.11	85.11	96.89	100.44
Cadt	92(blanc)	164	185.8	145.8	167.3	143.3	156.2
	93	118.2	86.4	113.1	105.3	87.8	79.8
	94	112	103.3	122	111.7	109.7	112.4
	95	114.7	104.4	99.1	102.2	108.7	122.7
	96	84.5	90.2	82	89.8	91.8	84.7
Agth	93 (blanc)	130	156.7	132	116	129.6	135.6
	94	87.33	103.78	95.33	91.33	98	112.05
	95	109.3	117.3	118.4	113.3	122.7	110.4
Edmd	93 (blanc)	78.2	144.9	141.8	147.8	104.4	128
	94	71.3	104	98	99.6	74.7	82
	95	113.2	117.8	100.9	146.2	106	117.8

x indique des parcelles non récoltées pour des tests qui ont été conservés les années ultérieures.

* Très faible production résultant d'une attaque de vers blancs en 1994. Replantation en 1995

2. Résultat des diagnostics foliaires réalisés entre 5 et 7 mois

Code Agriculteur	Année	Traitement	Teneur en g/kg de matière sèche				
			N	P	K	Ca	Mg
Taris	93	FC	1.69	0.145	1.62	0.378	0.172
		FT	1.64	0.144	1.81	0.370	0.161
	94	FC	1.26	0.126	1.95	0.365	0.158
		FT	1.38	0.136	1.87	0.405	0.169
	95	FC	1.69	0.170	1.81	0.573	0.236
		FT	1.71	0.160	1.98	0.470	0.196
	96	FC	1.45	0.140	1.40	0.480	0.240
		FT	1.46	0.140	1.60	0.480	0.210
Laurt	93	FC	1.56	0.187	1.26	0.421	0.321
		FT	1.49	0.188	1.40	0.374	0.267
	94	FC	1.66	0.188	1.69	0.350	0.157
		FT	1.64	0.201	1.96	0.318	0.154
Marg	94	FC	1.26	0.180	2.13	0.230	0.148
		FT	1.14	0.178	2.08	0.232	0.150
	95	FC	1.60	0.206	1.82	0.380	0.120
		FT	1.36	0.200	1.70	0.280	0.180
	96	FC	1.39	0.190	1.71	0.340	0.190
		FT	1.50	0.180	1.57	0.350	0.190
Debs	94	FC	1.37	0.201	1.56	0.349	0.144
		FT	1.40	0.201	1.74	0.357	0.136
	95	FC	1.62	0.220	1.77	0.410	0.130
		FT	1.55	0.220	1.40	0.310	0.190
	96	FC	1.41	0.190	1.60	0.450	0.150
		FT	1.45	0.180	1.70	0.450	0.160
Font	94	FC	1.76	0.193	1.98	0.279	0.145
		FT	1.65	0.178	2.06	0.244	0.150
Taill	93	FC	1.52	0.160	1.34	0.273	0.150
		FT	1.43	0.170	1.35	0.260	0.149
	95	FC	1.51	0.197	1.34	0.270	0.160
		FT	1.67	0.197	1.26	0.290	0.157
	96	FC	1.49	0.180	1.33	0.290	0.170
		FT	1.46	0.170	1.23	0.270	0.160
Boyr	93	FC	1.48	0.181	1.59	0.239	0.137
		FT	1.49	0.175	1.52	0.250	0.144
Cadt	93	FC	1.37	0.174	1.35	0.232	0.310
		FT	1.35	0.166	1.28	0.219	0.274
	94	FC	1.40	0.185	1.65	0.207	0.244
		FT	1.31	0.180	1.74	0.180	0.211
	95	FC	1.65	0.190	1.66	0.250	0.286
		FT	1.66	0.193	1.62	0.243	0.273
	96	FC	1.63	0.190	1.83	0.250	0.230
		FT	1.63	0.190	1.60	0.280	0.270

Résultat des diagnostics foliaires réalisés entre 5 et 7mois (suite et fin)

Agriculteur	Année	Traitement	Teneur moyenne en mg/kg				
			N	P	K	Ca	Mg
Agth	94	FC	1.32	0.221	1.49	0.282	0.286
		FT	1.44	0.196	1.06	0.329	0.337
	95	FC	1.47	0.203	1.43	0.280	0.270
		FT	1.51	0.197	1.23	0.263	0.273
Edmd	94	FC	1.56	0.204	1.76	0.163	0.192
		FT	1.49	0.208	1.70	0.155	0.194
	95	FC	1.58	0.193	1.55	0.230	0.263
		FT	1.48	0.186	1.70	0.220	0.253

3. Effets des traitements sur la teneur minérale des feuilles

Elément	Paramètres statistiques	93	94	95	96
Azote	Coefficient de variation (%)	1.87	4.81	5.66	2.53
	Teneur FT moyenne (g/kg)	1.48	1.43	1.56	1.50
	Teneur FC moyenne (g/kg)	1.52	1.45	1.59	1.47
	Effet du traitement	NS	NS	NS	NS
Phosphore	Coefficient de variation (%)	2.95	4.80	1.71	2.21
	Teneur FT moyenne (g/kg)	0.169	0.185	0.193	0.172
	Teneur FC moyenne (g/kg)	0.169	0.187	0.197	0.178
	Effet du traitement	NS	NS	NS	NS
Potassium	Coefficient de variation (%)	5.84	8.47	8.44	8.08
	Teneur FT moyenne (g/kg)	1.472	1.78	1.56	1.54
	Teneur FC moyenne (g/kg)	1.432	1.78	1.63	1.57
	Effet du traitement	NS	NS	NS	NS
Calcium	Coefficient de variation (%)	4.91	8.00	11.82	3.53
	Teneur FT moyenne (g/kg)	0.294	0.278	0.297	0.366
	Teneur FC moyenne (g/kg)	0.309	0.278	0.342	0.362
	Effet du traitement	NS	NS	NS	NS
Magnésium	Coefficient de variation (%)	8.61	8.89	12.56	9.29
	Teneur FT moyenne (g/kg)	0.199	0.188	0.217	0.198
	Teneur FC moyenne (g/kg)	0.218	0.184	0.209	0.196
	Effet du traitement	NS	NS	NS	NS

4. Caractéristiques chimiques moyenne des parcelles de test

(Moyenne des six analyses réalisées sur chaque test)

Code	pH	N	P ass	Ca ech	Mg ech	K ech	CEC
Taris	4.9	1.72	68	5.50	2.30	1.30	10.6
Laurt	4.9	1.93	70	4.21	2.68	0.22	10.0
Marg	7.1	3.10	246	15.30	6.20	0.50	27.0
Debs	5.8	3.80	743	10.4	2.30	0.76	16.8
Font	5.3	3.75	205	3.05	1.13	0.11	5.5
Mezi	4.6	2.56	239	7.10	1.10	0.57	7.6
Taill	6.1	2.10	72	10.70	6.31	0.78	18.5
Boyr	5.3	2.60	402	2.92	1.08	0.24	7.7
Cadt	5.3	5.50	63	2.25	3.20	0.13	9.6
Agth	6.3	1.70	59	7.85	9.01	0.52	18.6
Edmd	5.0	6.02	56	5.17	6.98	0.32	15.0



Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

Département
des cultures
annuelles
Cirad-ca

Programme
canne à sucre

CIRAD B.P. 20
97408
Saint-Denis
Messag
Cedex 9
téléphone :
(0262) 52.80.00
télécopie :
(0262) 52.80.01

